

Industrial Catalyst News

触媒学会工業触媒研究会

CO₂から合成ガス製造のアプローチ

カーボンニュートラル社会に向け、CO₂を炭素源として再利用する「カーボンリサイクル」技術が注目されている。中でも、CO₂をCOへ変換し、水素と組み合わせて得られる合成ガス（H₂/CO）は、メタノール合成や Fischer-Tropsch (FT) 合成など多様な化学品合成に直結する重要な中間体である。既存の触媒・装置群を活かしやすいことから、実装性の高い選択肢として注目されている。

1. 逆水性ガスシフト (RWGS : Reverse Water Gas Shift)

RWGS ($\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$) は可逆かつ吸熱的な平衡反応であり、高温域でCO選択性が向上する。一方、低温側ではCO₂メタネーション (CH₄生成) が起こりやすく、副生成メタンの抑制が課題である。そのため、温度、H₂/CO₂比、空間速度の最適化など、メタン化活性を抑える触媒設計が検討されている。

2. ケミカルーピング型 (RWGS-CL : Chemical looping) ¹⁾

RWGS-CL は、①酸化物 (酸素キャリア) を還元して酸素空孔を生成する工程 ($\text{MO}_x + \text{H}_2 \rightarrow \text{MO}_{x-\delta} + \text{H}_2\text{O}$) と、②CO₂で再酸化してCOを放出する工程 ($\text{MO}_{x-\delta} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{MO}_x + \text{CO}$) を交互に行う二段階プロセスである。この方式ではH₂とCO₂を同時に供給しないため、メタン化などの副反応を原理的に回避しやすく、

ガス分離も簡素化される。さらに各反応が独立して進行するため、平衡制約の影響を受けにくいという利点がある。材料としてはペロブスカイト、スピネル系酸化物などが検討され、空孔形成・回復の速度が性能を左右する。

3. CO₂ 回収・利用の統合プロセス (ICCU : Integrated CO₂ Capture and Utilization) ²⁻⁴⁾

ICCU はCO₂の回収・分離と化学変換を一体化したプロセスであり、別建てのCO₂回収システムが不要である点が特徴である。このプロセスの実現には、二元機能触媒 (DFM: Dual-Function Materials) の活用が鍵となる。DFMはCO₂吸着機能 (CaO、K₂CO₃系など) と水素化活性をもつ触媒点を同一触媒内に統合した材料である。まず、①排ガスなどに含まれるCO₂を吸着・捕集し、次に②H₂を供給して吸着CO₂をCOに変換する。これらを二つの反応器で切り替え運転することにより、連続的にCO₂をCOへと変換することが可能である³⁾。O₂やH₂Oを含む実ガス条件を想定した検討もされている⁴⁾。

- 1) K. Kang et al., RSC Sustainability, 2025, 3, 1598.
- 2) S. Sun et al., Sustainable Energy Fuels, 2021, 5, 4546.
- 3) L. Li et al., ACS Catal. 2022, 12, 2639.
- 4) L. F. Bobadilla et al., J. CO₂ Util., 2016, 14, 106.

文責 豊田中央研究所 菊川 将嗣